

## Влияние размера кристаллитов на спектры поглощения СВЧ энергии керамики ПКР-13

*Дебелова Татьяна Игоревна*

*Колодько Денис Викторович*

*Южный федеральный университет*

*Сидоренко Евгений Никифорович, к.ф.-м.н.*

*[tdebelova@yandex.ru](mailto:tdebelova@yandex.ru)*

Радиопоглощающие материалы (РПМ) и созданные на их основы конструкции широко применяются в различных областях военной и гражданской техники: для радиомаскировки различных видов вооружения, в качестве различных сверхвысокочастотных (СВЧ) устройств, для улучшения характеристик антенн, для обеспечения экологической безопасности и защиты персонала при работе с СВЧ приборами и т.д. По этой причине беспрерывно ведется улучшение уже известных и поиск новых радиопоглощающих материалов. Из-за наличия явления диэлектрической дисперсии, сопровождаемой диэлектрическими потерями в области СВЧ, керамические сегнетоэлектрики на основе ЦТС также применяются в качестве РПМ.

Цель данной работы - выявить особенности спектров поглощения сегнетоэлектрической пьезокерамики ПКР-13 с различными размерами кристаллитных зёрен. Шифр материалов ПКР – пьезокерамика ростовская. Пьезокерамика получена по обычной керамической технологии в НИИФизики ЮФУ г. Ростова-на-Дону. Для ПКР-13 характерны повышенные значения однородного параметра деформации и коэрцитивного поля, высокая стабильность резонансной частоты и высокая механическая добротность. Пьезокерамика ПКР-13 имеет высокую температуру Кюри и относительно низкую диэлектрическую проницаемость. Основные достоинства ПКР-13: низкая стоимость, широкий диапазон перестройки по частоте, высокая устойчивость к ударам, большая допустимая перегрузка по мощности. [1].

Для получения спектров поглощения пьезокерамики применялась установка, состоящая из трех генераторов качающейся частоты, перекрывающих диапазон частот от 3,2 до 11,8 ГГц, а также индикатора КСВН и ослабления. В качестве измерительной ячейки применялась миниатюрная широкополосная микрополосковая линия. К выходу микрополосковой линии подключалась 50-омная согласованная нагрузка, таким образом, линия работала в режиме бегущей волны. Измеряемый образец размещался на поверхности микрополосковой линии в области центрального проводника, где напряженность поля максимальна. С целью получения максимального поглощения энергии поля образец перемещался по поверхности микрополосковой линии. Электромагнитное поле высокой напряженности, сосредоточенное у краев центрального проводника, взаимодействовало каждый раз с небольшой областью исследуемого образца [2].

Образцы керамики изготовлены в виде таблеток без электродов, диаметром 8мм и толщиной 1 мм. Исследовано по 3 образца пьезокерамики ПКР-13 с различным средним размером кристаллитных зёрен: 3, 7 и 19 мкм. Для каждого образца получены по 4-5 спектров поглощения при различных его положениях на микрополосковой линии. Полученные спектры всех измеренных образцов независимо от размера кристаллитных зёрен имели пики поглощения различной величины, указывающие на резонансный характер поглощения. На рисунке показаны только пики спектров поглощения типичные для каждого типа керамики.

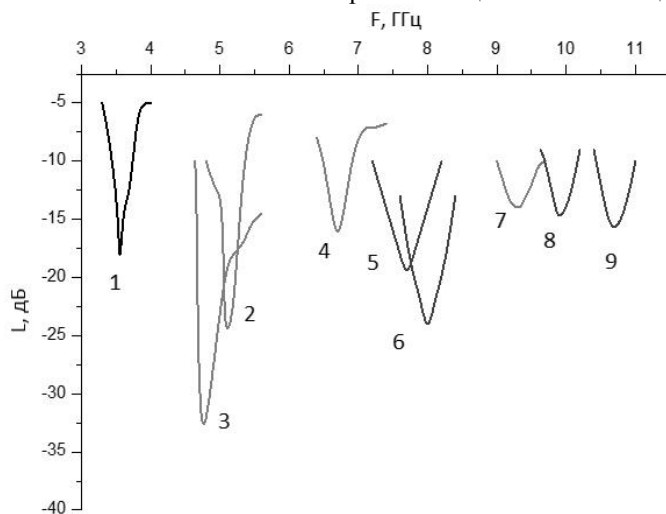


рис. 1- Пики спектров поглощения энергии пьезокерамикой с размером кристаллитов: 3 мкм – кривые (1,4,7); 7 мкм – (2,5,8); 19 мкм – (3,6,9).

Источниками сильного поглощения СВЧ энергии в спектрах сегнетоэлектриков могут быть группы доменных стенок клиновидных двойников. При воздействии электромагнитного поля на пьезокерамику в результате обратного пьезоэффекта в ее кристаллитах возникают механические напряжения, способствующие образованию специфической структуры с двойниками. Стенки механических двойников могут перемещаться под действием механического напряжения и резонировать в переменном электрическом поле, поглощая его энергию [2,3]. Из полученных спектров можно сделать следующие выводы. В данной керамике имеется большое количество групп стенок-осцилляторов, резонирующих на различных частотах. Это связано с большим значением параметра деформации исследуемой сегнетожесткой пьезокерамики ПКР-13, с большими величинами механических напряжений в зёрнах, с образованием большого количества групп слоистых двойников, а следовательно, и с образованием многочисленных групп доменных стенок двойников с собственными резонансными частотами [3]. Наибольшее поглощение энергии керамикой (до 35-40 дБ) наблюдается в области более низких частот (3-6 ГГц). Наименее развиты резонансные процессы в пьезокерамике с меньшим размером кристаллитных зерен, значение параметра деформации которой меньше, чем параметр деформации крупнозернистой керамики.

Список публикаций:

[1] <http://www.piezotech.ru/PKR.htm>.

[2] Сидоренко Е.Н., Гавриляченко В.Г., Турик А.В., Семенчев А.Ф., Натхин И.И., Электромагнитные волны и электронные системы, 18, 51 (2013).

[3] Гавриляченко В.Г., Кузнецова Е.М., Семенчев А.Ф., Склорова Е.Н., ФТТ, 48, 1080 (2006).

[4] Данцигер А.Я., Бородин В.З., Резниченко Л.А., Дудкина С.И., Сервули В.А., Гавриляченко С.В., Шилкина Л.А., Бородин В.А., ЖТФ, 70 40 (2000).

## Спиновые волны в ядерной материи с потенциалом Ямагучи

*Дергачёв Максим Алексеевич*

*Шатохин М.Ю., Бычков М.Е.*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

*Савченко А.М., д.ф.-м.н.*

*[Ma.dergachev@physics.msu.ru](mailto:Ma.dergachev@physics.msu.ru)*

Мы рассматриваем возможность возникновения спиновых волн в ферми-системах с большим числом частиц, но иной природы, чем керамический сверхпроводник или нормальный металл [1,2].

Для описания системы мы пользуемся следующим гамильтонианом:

$$H = H_1 + H_2 + H_3, \quad (1)$$

где

$$H_1 = N \cdot \text{Tr} \int_{\vec{x} \in \Gamma} d\vec{x} \left\{ \hat{B}(\Gamma) \left\{ \hat{\psi}^+(\vec{x}) \left( \frac{\hat{p}_x^2}{2\mu_0} - \mu_0 \right) \hat{\psi}(\vec{x}) + \frac{1}{2} \left[ \hat{\psi}^+(\vec{x}) \hat{\Delta}(\vec{x}) \hat{\psi}^{+i}(\vec{x}) + \hat{\psi}'(\vec{x}) \hat{\Delta}^+(\vec{x}) \hat{\psi}(\vec{x}) \right] \right\} \hat{B}^+(\Gamma) \right\},$$

$$H_2 = N \cdot \text{Tr} \int_{\vec{x} \in \Gamma} d\vec{x} \left\{ \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{\delta}{\delta s_{\mu\nu}} \right)^2 + \hat{I}(\Gamma) \right] \hat{B}(\Gamma) \right\},$$

$$H_3 = N \cdot \text{Tr} \int_{\vec{x}, \vec{x}' \in \Gamma} d\vec{x} d\vec{x}' \left\{ \hat{B}(\Gamma) \hat{\psi}^+(\vec{x}') \left[ \text{Tr} \left\{ \hat{\psi}^+(\vec{x}) V(\vec{x}; \vec{x}') \hat{\psi}(\vec{x}) \right\} \right] \hat{\psi}(\vec{x}') \hat{B}^+(\Gamma) \right\}.$$

Здесь  $\hat{\psi}^+(\vec{x})$  и  $\hat{\psi}(\vec{x})$  — операторы рождения и уничтожения ферми-нуклонов со спином  $s = \pm \frac{1}{2}(\uparrow\downarrow)$ ,

т.е.  $\hat{\Psi}^+(\vec{x}) = (\hat{\Psi}_\uparrow^+(\vec{x}), \hat{\Psi}_\downarrow^+(\vec{x})), \hat{\Psi}(\vec{x}) = \begin{pmatrix} \hat{\Psi}_\uparrow(\vec{x}) \\ \hat{\Psi}_\downarrow(\vec{x}) \end{pmatrix}$ . Система нуклонных спинов предполагается

флуктуирующей: в ней все время происходят спонтанные перевороты спинов. Взаимодействие с эффективным полем  $A_V^\alpha$  принято описывать с помощью введения операторов вида  $\hat{\Psi}((\vec{x}|\Gamma) = \hat{B}(\Gamma) \hat{\Psi}(\vec{x})$ , где  $\Gamma$  - эффективный контур, охватывающий область пространства, в каждой точке которого находится нуклонный спин  $s = \pm \frac{1}{2}$ ; N- размерность группы SU(N), в данном случае N=2.

Следовательно, парный потенциал  $V(\vec{x}, \vec{x}')$  должен включать черты трехчастичного взаимодействия.